

Cómo se siente el calor en el entorno escolar bajo diferentes condiciones climáticas

Cómo las soluciones naturales pueden ayudar a reducir el estrés por calor en diferentes puntos

Efectos en confort térmico de la intervención efectuada en el entorno del CEIP Miguel de Unamuno - Arganzuela, Madrid

## Contexto de las simulaciones y contenidos

### 1 Modelización térmica de alta resolución

Se usa el software ENVI-Met para simular cómo un proyecto de reurbanización del entorno escolar afecta a la sensación de calor. Se obtienen resultados en resolución de 1m x 1m.

### 3 Identificación de beneficios de las soluciones naturales

Las soluciones naturales instaladas con la reforma (parterres, arbolado, etc) tienen ciertos efectos sobre la percepción de calor y son identificados y analizados.

### 2 Evaluación del clima futuro

Se han modelado varios escenarios, tanto en un clima actual como en un clima futuro. Esto es para entender cómo las mejoras en el entorno del CEIP pueden afectar la comodidad térmica de la comunidad educativa en el presente y en el futuro.

### 4 Lecciones aprendidas y futuras implicaciones

Se definen una serie de lecciones aprendidas a través de las modelizaciones, relacionadas con las implicaciones que tiene la adopción de soluciones naturales en entornos escolares.



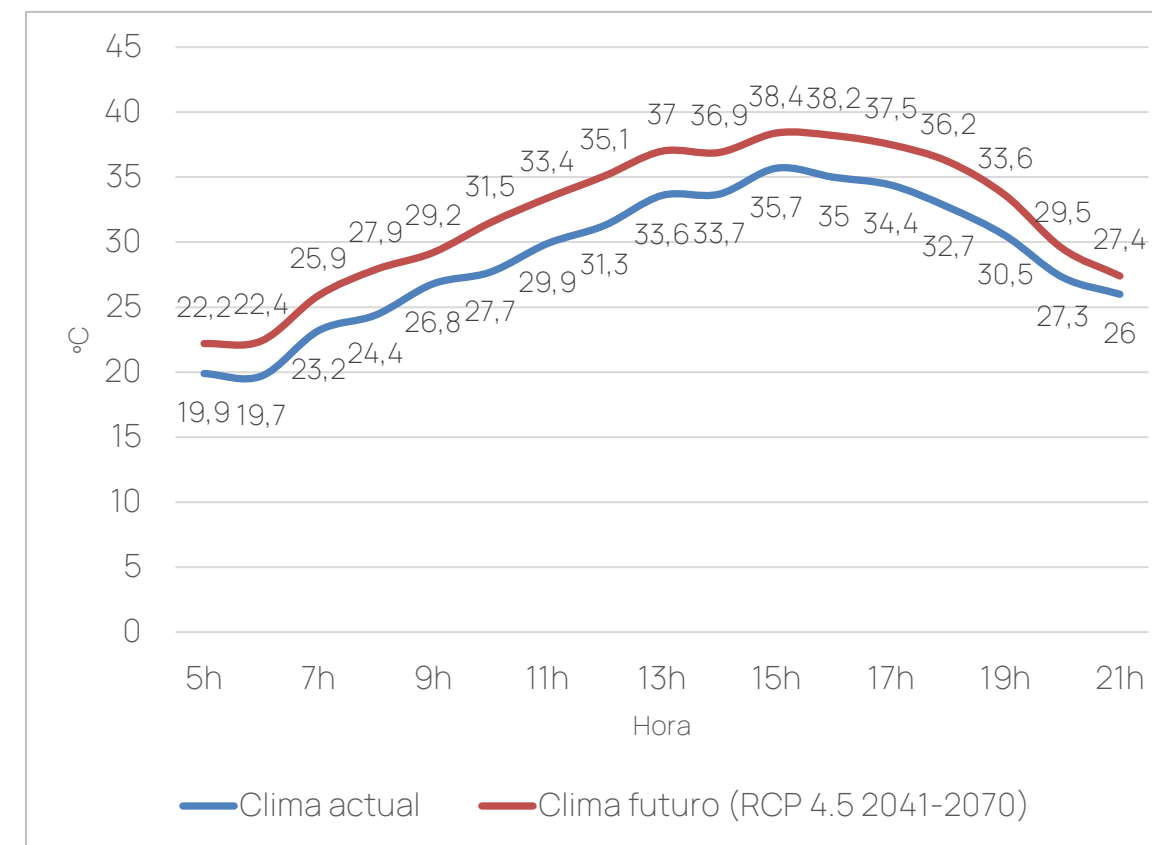
## Días y personas representativos

### Día tipo para las condiciones climáticas actuales

Las simulaciones necesitan datos climáticos para modelar cómo se siente el calor. Para ello, se usaron datos climáticos de las estaciones de AEMET en Madrid. A partir de ellos, se identifica que un día tipo de verano en la zona tiene una temperatura máxima del aire de 35,7°C a las 15h.

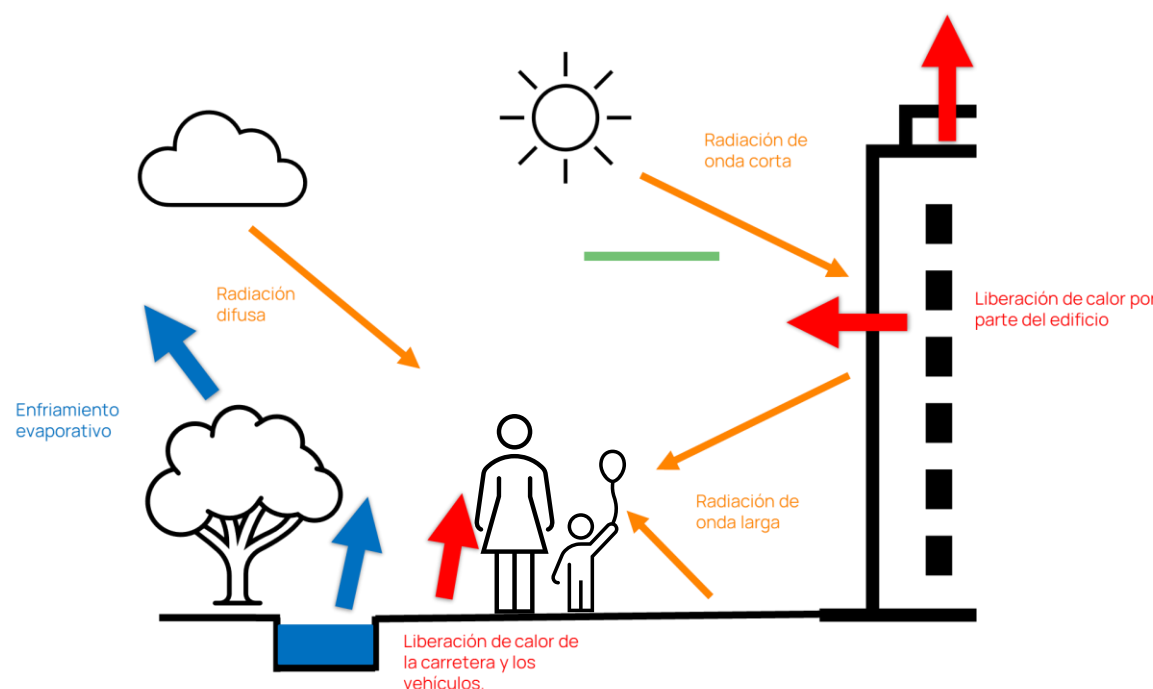
### Día tipo para las condiciones climáticas futuras

En el futuro, considerando escenarios de cambio climático, (RCP 4.5 2049-2070) la temperatura máxima de un día tipo alcanzará los 38,4°C a las 15h. RCP4.5 es un escenario climático que se usa para predecir el futuro del clima. Este escenario supone que las emisiones de gases de efecto invernadero seguirán aumentando a un ritmo moderado, lo cual es considerado probable según las tendencias actuales. Los datos utilizados en este escenario son proyecciones para el periodo entre 2041 y 2070.



### Persona tipo

Las simulaciones necesitan datos de la persona sobre la que se realizan los cálculos. Es decir, en qué tipo de persona se calcula la sensación de calor. En este ejercicio se modeliza el calor que puede sentir una mujer de 35 años de 1,61m y 66kg y un niño de 8 años de 1,40m y 30kg. Ambos con ropa de verano.



## Lugar de intervención e indicadores

### Emplazamiento de las intervenciones y proyecto

El lugar de intervención es el entorno escolar del CEIP Miguel de Unamuno, comprendido principalmente entre las calles Alicante y Juana Doña, en el distrito de Arganzuela de Madrid. En general se localiza dentro de la trama urbana de la ciudad y localmente comprende un espacio cerrado excepto por el sur, donde se encuentra el parque Calle Granito. El proyecto comprende el aumento en la presencia de arbolado, nuevos parterres y mayor presencia de espacio público para el peatón.



Localización general



Localización en detalle

### Indicador de sensación de calor

A lo largo de este documento se emplea la noción de confort térmico sobre la base de un indicador agregado de tipo fisiológico propio de estos estudios, denominado PET. Este indicador convierte nuestra percepción de una combinación de variables meteorológicas (viento, la humedad o la radiación) en unos umbrales (°C) que relacionamos con niveles de estrés térmico (Matzarakis & Mayer, 1996). Cuando el PET supera 41°C y una persona se mantiene en ese espacio, aumenta el riesgo de hipertermia, considerado un nivel de estrés térmico extremo.

| PET   | Sensación térmica  | Nivel de Estrés Térmico |
|-------|--------------------|-------------------------|
| 13-18 | Ligeramente fría   | Ligero                  |
| 18-23 | Confortable        | Nulo                    |
| 23-29 | Ligeramente cálida | Ligero                  |
| 29-35 | Cálida             | Moderado                |
| 35-41 | Calurosa           | Fuerte, intenso         |
| > 41  | Muy cálida         | Extremo (hipertermia)   |



Proyecto de renaturalización

## Sensación térmica en el clima actual, previamente a la intervención

En la actualidad, previamente a que se realice el proyecto en el lugar, el calor en un día tipo de verano es intenso. Tanto, que pasar mucho tiempo en el 65% del espacio público puede aumentar el riesgo de golpe de calor e hipertermia. Sin embargo, se observa como las soluciones naturales (como arbolado plantado en la actualidad) puede ayudar a disminuir la sensación térmica de calor alta o muy alta.

Riesgo de golpe de calor en la mayoría del espacio público

# 65%

Porcentaje del espacio público donde pasar mucho tiempo puede conllevar un aumento en el riesgo de golpe de calor.

# 69%

+6%

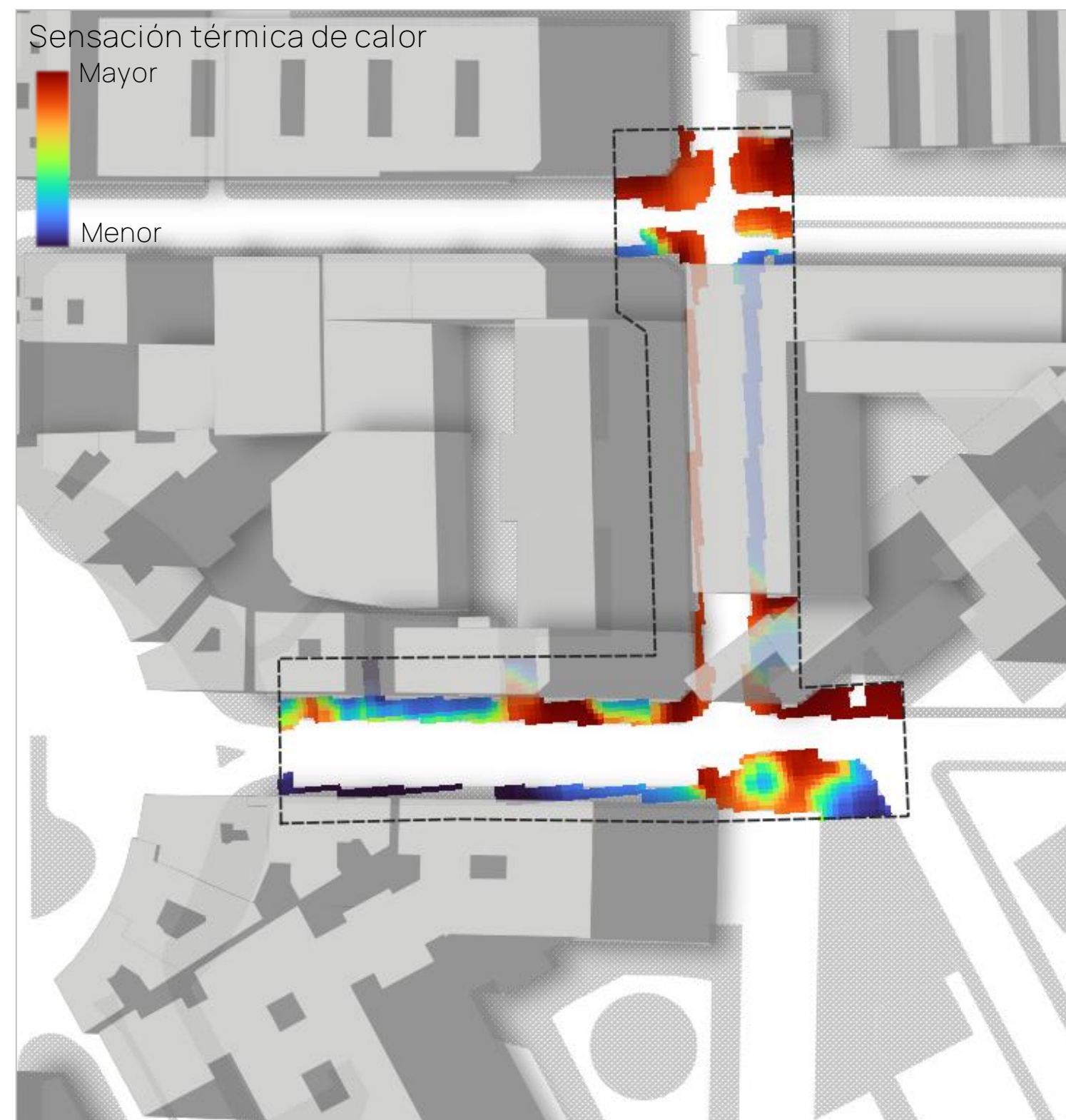
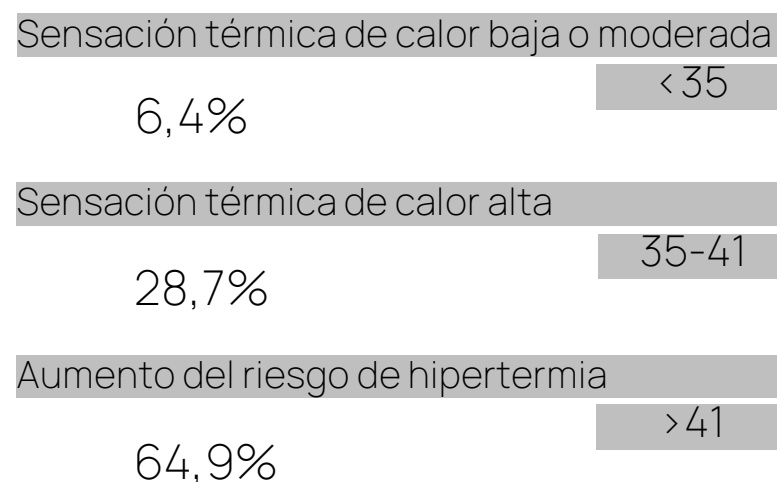
Porcentaje del espacio público donde si un niño pasa mucho tiempo puede tener más probabilidad de un golpe de calor. Esto es un 4% más que estudiando a una mujer adulta, por lo que el riesgo es mayor en niños.

El papel del arbolado en la disminución de la sensación térmica cálida

# -22°C

Unidades del indicador de confort térmico que se reducen con la presencia de un árbol en comparación a una zona sin árbol.

Indicador de sensación térmica de calor  
Se representa el % de espacio público.



## Sensación térmica en el clima actual, después de la intervención

Considerando que el proyecto se lleva a cabo se pueden observar las mejoras que supone. La renaturalización del entorno escolar quintuplica el espacio público donde la sensación térmica de calor es baja o moderada. Reverdecer los alrededores del colegio reduce en un 30% la superficie en riesgo de golpe de calor. Los árboles nuevos juegan un papel fundamental en este cambio.

Disminución del riesgo de golpe de calor en el entorno

46% -30%

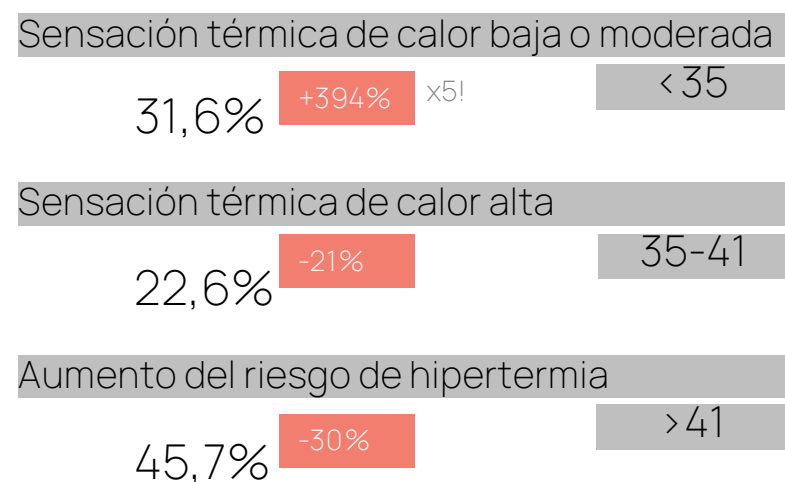
Porcentaje del espacio público donde pasar mucho tiempo puede conllevar un aumento en el riesgo de golpe de calor.

El papel del arbolado en la disminución de la sensación térmica cálida

x5

Aumento de la superficie donde habría una sensación térmica de calor baja o moderada debido a la instalación de arbolado con el proyecto.

Indicador de sensación térmica de calor y diferencias con la situación antes de la intervención  
Se representa el % de espacio público.



## Sensación térmica en el clima futuro, después de la intervención

En un escenario climático futuro, hacia mediados de siglo, el espacio mantendría los mismos valores térmicos que en el clima actual previo a la intervención. Es decir, a pesar del aumento de temperatura previsto, la zona logra mantener los niveles de confort actuales gracias a la instalación de nuevo arbolado.

Se mantiene el nivel de riesgo de golpe de calor en el entorno

66% +1%

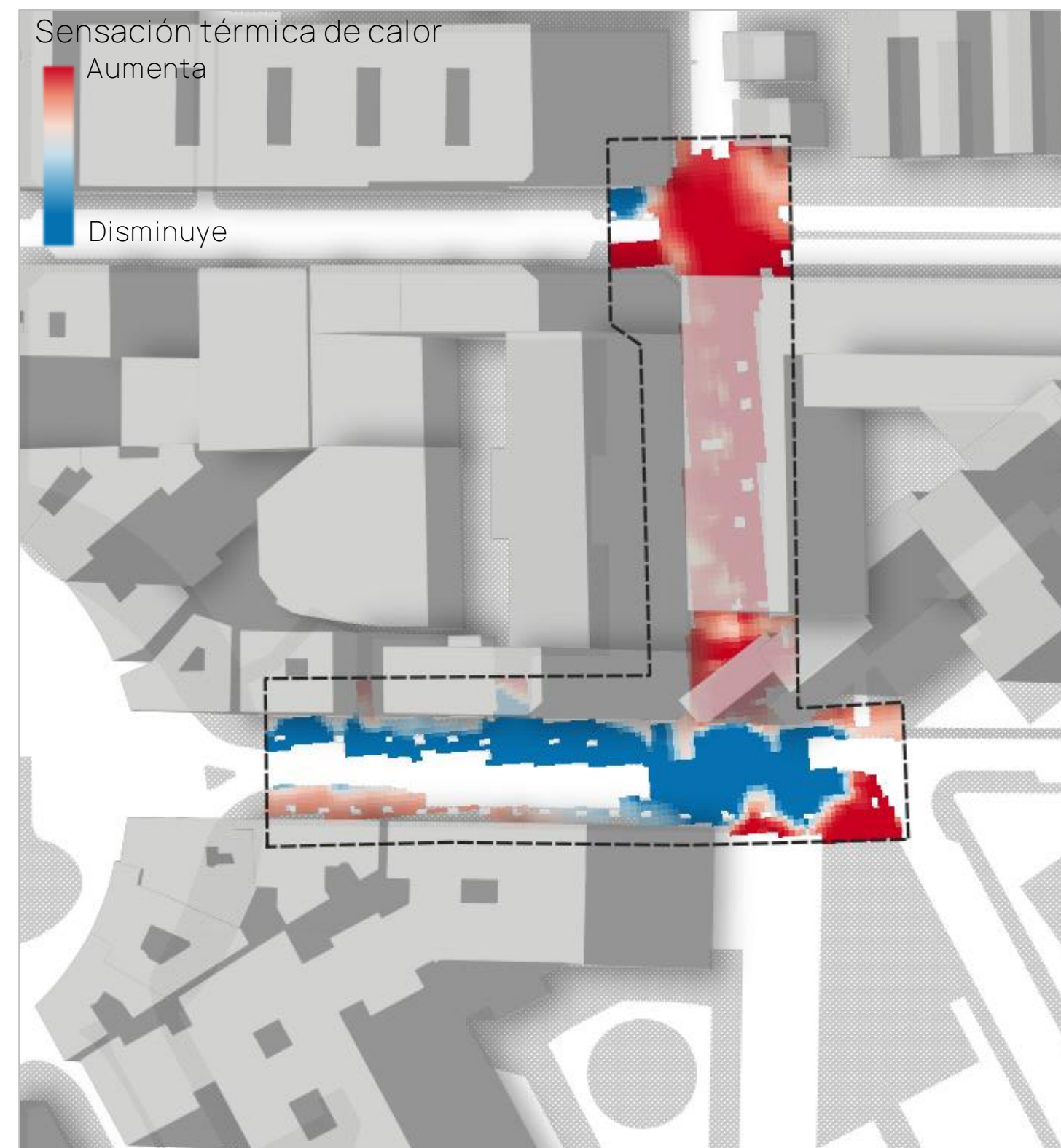
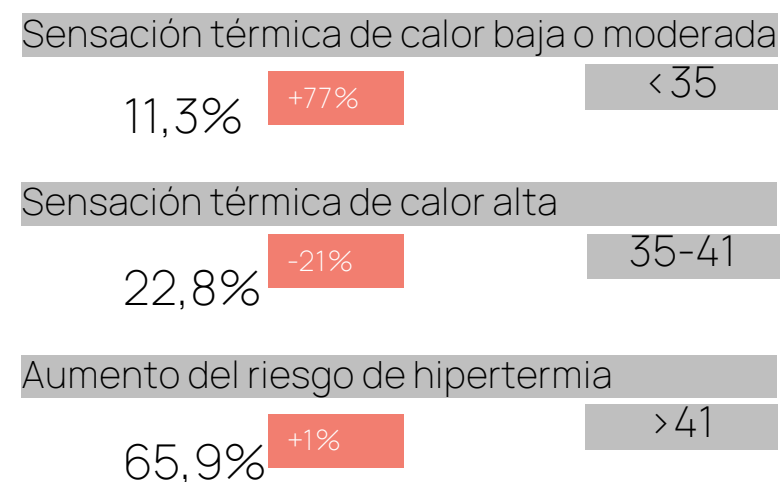
Porcentaje del espacio público donde pasar mucho tiempo podrá conllevar un aumento en el riesgo de golpe de calor. Es solamente un 1% superior al escenario con clima actual.

El papel del arbolado en el mantenimiento del nivel de confort

11°C

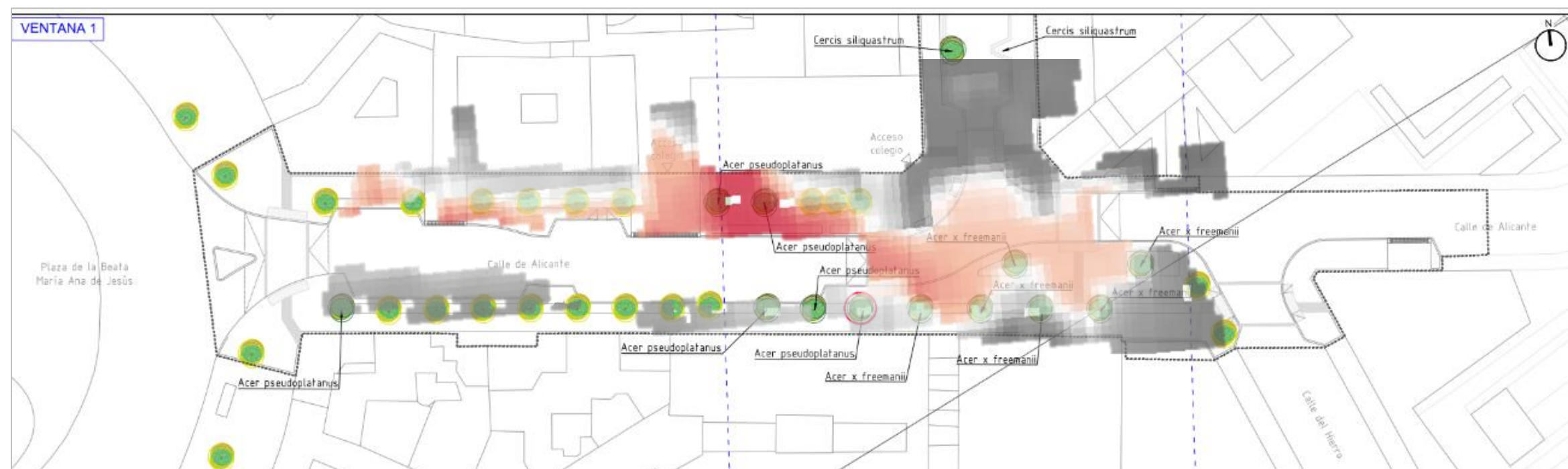
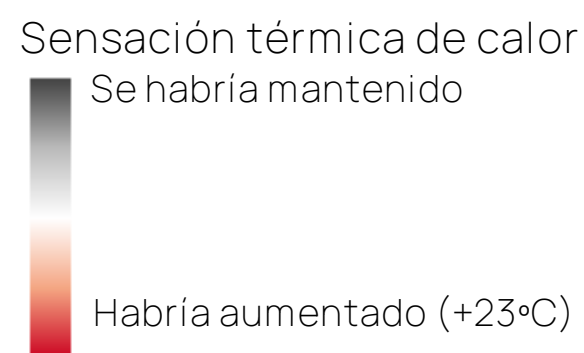
Unidades del indicador de sensación de calor de diferencia en un clima futuro entre un lugar en asfalto y uno bajo un árbol.

Indicador de sensación térmica de calor y diferencias con la situación sin intervención en clima actual. Se representa el % de espacio público.

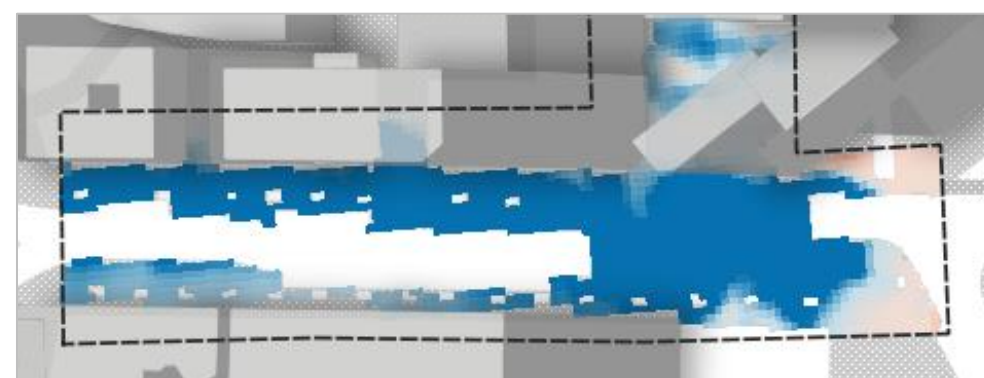
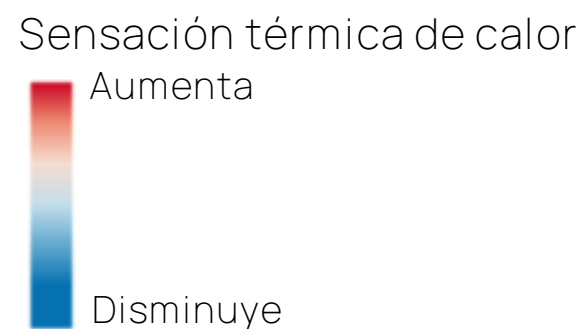


## El futuro si no se hubiera realizado el proyecto

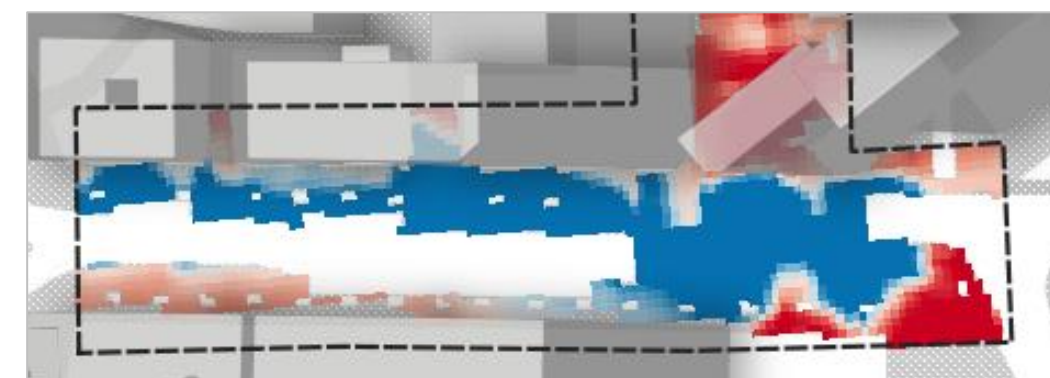
Se ha simulado un escenario de la situación actual de la calle, pero con clima futuro (RCP 4.5 2041-2070). En él se pueden comprobar los efectos del cambio climático si la calle no se hubiera reformado. Sin la reforma de la calle todo estaría prácticamente bajo riesgo: 91 por ciento del área para mujeres y 95 por ciento para niños. El estrés térmico habría aumentado sobre todo en la puerta del colegio (+23°C unidades del indicador de sensación térmica de calor) y en el cruce entre las calles de Alicante y Juana Doña.



Comparativa entre el espacio sin proyecto en clima actual y futuro, con el diseño de proyecto de fondo  
Se representa el espacio público y el proyecto de renaturalización.



Comparativa entre el espacio con proyecto realizado en clima actual y el mismo espacio en clima actual y sin proyecto



Comparativa entre el espacio con proyecto realizado en clima futuro y el mismo espacio en clima actual y sin proyecto

## Lecciones aprendidas y futuros pasos



### ARBOLADO Y EFECTIVIDAD

La elección de las especies de árboles es fundamental para maximizar el sombreado y mejorar el confort térmico. Árboles como el *arce blanco* con copas densas y amplias proporcionan sombra extensa, lo que reduce la temperatura percibida. Además, es importante elegir adaptadas al clima local, como el *árbol de Judea*, muy bien adaptado a espacios secos.



### ROL DE LA MODELIZACIÓN

Las modelizaciones son cruciales en proyectos de reverdecimiento. Permiten simular y obtener información explícita sobre el comportamiento de las soluciones naturales en la mejora de la efectividad. Además, permiten la toma de decisiones y cuantifican la mejora de la sensación de calor en los vecinos.



### URBANISMO Y CALOR

La orientación de la calle es un aspecto crítico en la planificación urbana, especialmente cuando se trata de la proyección de sombras y la disposición de zonas estacionales y jardinería. Las simulaciones revelan también como los vientos inciden, junto a la orientación de los edificios, en la sensación de calor. El viento es mayor en las calles orientación norte-sur.



### EFECTO ISLA DE CALOR

La escalabilidad es un componente esencial en la mitigación del efecto de isla de calor urbano. Estas intervenciones pueden ser aplicadas inicialmente en pequeñas áreas como el entorno escolar del CEIP y luego ampliadas para abarcar zonas más extensas de Madrid. Esto es porque se han demostrado los efectos de las soluciones naturales en contener el aumento de la sensación de calor.



### NECESIDAD DE REVERDECER EL MEDIO URBANO

La reforma del espacio público del CEIP Miguel de Unamuno es relevante en el contexto del cambio climático. Un árbol puede hacer hasta 22°C de unidades del indicador de sensación térmica de calor de diferencia con un espacio asfaltado y quintuplicar el área con sensación térmica de calor moderada o baja.